

**Ю.С. НЕМЧЕНКО, В.В. КНЯЗЕВ, И.П. ЛЕСНОЙ, С.Б. СОМХИЕВ**

**УСТАНОВКА TI-CS115 (NCS08) ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ОБЪЕКТОВ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ  
НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ ПО СТАНДАРТУ MIL-STD-461G (США)  
ПО ВИДУ ИСПЫТАНИЙ CS115 И СТАНДАРТУ АЕСТР-500 (НАТО)  
ПО ВИДУ ИСПЫТАНИЙ NCS08**

Описана конструкция и результаты испытаний установки TI-CS115 (NCS08), предназначенной для испытаний составных частей объектов военной техники (СЧ ОВТ) на устойчивость к испытательным токам прямоугольной формы по виду CS115 (NCS08) в соответствии со стандартами MIL-STD-461G (США) и АЕСТР-500 (НАТО). Приведены осциллограммы испытательных токов, которые полностью соответствуют требованиям вышеперечисленных стандартов, и методика использования установки в режиме испытаний.

**Ключевые слова:** испытание, установка, устойчивость, испытательные токи прямоугольной формы.

**Ю. С. НЕМЧЕНКО, В. В. КНЯЗЬОВ, І. П. ЛІСНОЇ, С. Б. СОМХІЄВ**

**УСТАНОВКА TI-CS115 (NCS08) ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ БОРТОВОГО  
УСТАТКУВАННЯ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ОБ'ЄКТІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ  
НА ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ СУМІСНІСТЬ ЗА СТАНДАРТОМ MIL-STD-461G (США) ЗА ВИДОМ  
ВИПРОБУВАНЬ CS115 ТА СТАНДАРТУ АЕСТР-500 (НАТО) ЗА ВИДОМ ВИПРОБУВАНЬ NCS08**

Описана конструкція та результати випробувань установки TI-CS115 (NCS08), яка призначена для випробувань складових частин об'єктів військової техніки (СЧ ОВТ) на стійкість до випробувальних струмів прямокутної форми за видом CS115 (NCS08) відповідно до стандартів MIL-STD-461G (США) та АЕСТР-500 (НАТО). Наведено осцилограми випробувальних струмів, які повністю відповідають вимогам вище перелічених стандартів, та методика використання установки в режимі випробувань.

**Ключові слова:** випробування, стандарти, установка, стійкість, випробувальні струми прямокутної форми.

**Y.S.NEMCHENKO; V.V.KNYAZIEV, I.P.LESNOY; S.B.SOMHIEV**

**SETTING OF TI-CS115 (NCS08) FOR TESTING OF SIDE EQUIPMENT OF COMPONENT PARTS  
OF OBJECTS OF MILITARY TECHNIQUE ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY  
ON STANDARD OF MIL-STD-461G (THE USA) ON TYPE OF TESTS OF CS115 AND STANDARD  
OF АЕСТР-500 (НАТО) ON TYPE OF TESTS OF NCS08 /**

A construction and results of tests of setting of TI are described - CS115 (NCS08) intended for the tests of component parts of objects of military technique on stability to the proof-of-concept currents by appearance CS115 (NCS08) in accordance with the standards of MIL - STD - 461G (THE USA) and АЕСТР-500 (НАТО). Setting generates the proof-of-concept currents of rectangular form by amplitude 5 A, duration of 30 ns, by duration of front and slump - less than 2 ns, by frequency of reiteration 30 Hertz during 1 minute. The mode of calibration, which the peak-temporal parameters of proof-of-concept currents are determined at, is realized in setting. Oscillograms over of these currents which fully conform to the requirements of the above-stated standards, and also methodology of the use of setting, are brought in the mode of tests.

**Keywords:** test, setting, stability, proof-of-concept currents of rectangular form.

**Введение.** Испытательная лаборатория НИПКИ «Молния» аккредитована на проведение испытаний на электромагнитную совместимость (ЭМС) различного рода технических средств (ТС), содержащих электрические, электронные и радио компоненты, в том числе испытания на ЭМС составных частей объектов военной техники (СЧ ОВТ). Испытания СЧ ОВТ проводятся по военным стандартам СССР, однако, в последнее время количество этих испытаний резко сократилось, но зато значительно выросла потребность в проведении испытаний СЧ ОВТ по военным стандартам MIL-STD-461 (США) [1], различных версий. Это требование объясняется тем, что отечественные производители начали разрабатывать СЧ ОВТ для зару-

бежных Заказчиков. В этой связи нами были проанализированы версии стандарта MIL-STD-461 от С до G с целью определения норм испытаний и необходимого для этого испытательного оборудования. Анализ этих стандартов показал, что из 14 обязательных видов испытаний большинство из них в той или иной мере содержится в других стандартах.

Однако, 3 вида испытаний: CS115, CS116 и RS101 отсутствуют в других стандартах, а, следовательно, отсутствует у нас для них испытательное оборудование. На первых порах недостающее испытательное оборудование мы заменяли на альтернативное, как это было изложено в MIL-STD-461E [2], т. е. применялись методы и оборудование из гражданских

стандартов, а именно, из стандартов IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-12, IEC 61000-4-25, IEC 61000-4-8, IEC 61000-4-9 и IEC 61000-4-10. На эти стандарты мы аккредитованы, и у нас есть все необходимое испытательное и измерительное оборудование [3], [4].

В настоящее время Украина декларирует свое стремление вступить в НАТО, для чего необходимо освоить не только стандарты на производство оружия, но также и стандарты по ЭМС. В области ЭМС СЧ ОБТ это стандарт АЕСТР-500 [5]. Т.к. США является членом НАТО, то стандарт MIL-STD-461F полностью входит в стандарт АЕСТР-500, в том числе и виды испытания CS115, CS116 и RS101, которые в стандарте АЕСТР-500 получили аббревиатуры NCS08, NCS09 и NRS01. Это обстоятельство доказало необходимость создания специальных испытательных установок TI-CS115 (NCS08), TI-CS116 (NCS09) и TI-RS101 (NRS01). И эти установки у нас были созданы. Ниже описана первая установка TI-CS115 (NCS08) из вышеперечисленной линейки испытательных установок.

**Требования к испытательным токам по виду CS115 (NCS08).** Форма испытательного импульса тока и амплитудно-временные параметры (АВП) приведены на рис. 1.

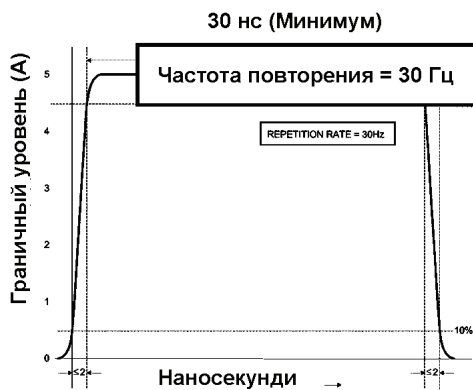


Рисунок 1 – Форма испытательного импульса тока вида CS115 (NCS08)

При испытаниях импульс тока вводится бесконтактно в линии связи (ЛС) СЧ ОБТ через инжектор с частотой следования 30 импульсов в 1 минуту.

**Описание установки TI-CS115 (NCS08).** Испытательная установка TI-CS115 (NCS08) [6] состоит из генератора испытательных токов (ГИТ), к выходу которого подсоединяется инжектор ИТ-CS115.

Блок-схема ГИТ приведена на рис. 2. ГИТ состоит из формирующего устройства (ФУ), которое включает в себя формирующую линию (ФЛ) из отрезка кабеля РК50-2-11 длиной 3 м и корректирующей линии (КЛ) из отрезка кабеля РК50-2-11 длиной 1 м. ФЛ заряжается до напряжения 2,1 кВ от зарядного устройства (ЗУ). ЗУ состоит из двух трансформаторов Тр2 (регулятор напряжения) и Тр3. На выходе Тр3 установлен удвоитель напряжения.

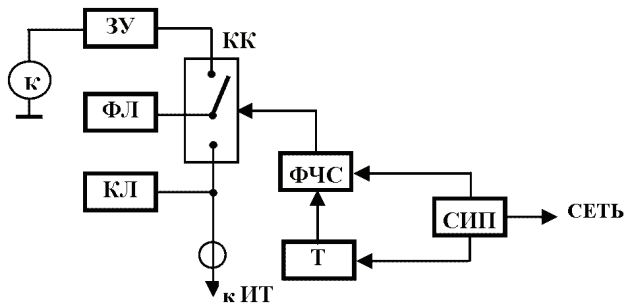


Рисунок 2 – Блок-схема генератора установки TI-CS115(NCS08):

ФЛ – формирующая линия;  
КЛ – корректирующая линия;  
ЗУ – зарядное устройство;  
К – контроль величины зарядного напряжения;  
ИТ – инжектор;  
КК – коаксиальный коммутатор;  
ФЧС – формирователь частоты следования 30 Гц;  
Т – таймер 1 мин.;  
СИП – стабилизированные источники питания

Для контроля величины зарядного напряжения служит вольтметр на базе микроамперметра М424В с добавочными сопротивлениями. На выходе ФЛ установлен коаксиальный коммутатор (КК), управляемый блоками ФЧС (формирователь частоты следования) и Т (таймер). Для питания низковольтных блоков генератора служит блок СИП (стабилизированные источники питания) + 12В, + 14 В и + 28 В.

Общий вид ГИТ приведен на рис. 3, а его передняя панель – на рис. 4.



Рисунок 3 – Общий вид ГИТ



Рисунок 4 – Передняя панель ГИТ

ГИТ собран в металлическом корпусе с габаритами 330 x 305 x 200 мм. На передней панели ГИТ

(рис. 4) расположены следующие органы управления и контроля:

- регулятор РЕГУЛ. ЗАРЯДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ служит для плавной установки зарядного напряжения  $U_{зар}$  в зависимости от вида нагружаемого жгута;
- табло ТАЙМЕРА ( $T = 1$  МИН.) служит для визуального наблюдения длительности циклограммы;
- кнопка СТАРТ служит для запуска и остановки генератора в любом месте циклограммы;
- тумблер «30 ГЦ» – «ОДНОКРАТ» служит для запуска генератора или в однократном режиме, или с частотой 30 Гц;

– разъем СЕТЬ ( $\sim 220$  В) служит для подключения к блока сетевого кабеля;

– тумблер СЕТЬ служит для включения прибора, при котором должен загораться светодиод «СЕТЬ»;

– прибор  $U_{зар} = N \times 20$  В служит для установки величины зарядного напряжения.

На задней панели ГИТ расположены:

– клемма КОРПУС, которая служит для подключения блока к контуру заземления;

– переключатель ПОЛЯРНОСТЬ «+», «0», «–» служит для изменения полярности испытательного тока;

– разъем ВЫХОД к ИТ служит для подключения к ГИТ инжектора;

– разъем 28 В 30 Гц служит для контроля частоты следования испытательных токов.

Инжектор представляет собой трансформатор с сердечником на ферритовом кольце с наружным диаметром 58 мм, внутренним диаметром 34 мм и площадью поперечного сечения  $2,4 \text{ см}^2$ . Первичная обмотка ИТ представляет собой один виток провода, подключаемого к выходу ФЛ.

Вторичной обмоткой ИТ является или нагружаемая ЛС или калибровочное устройство. Так как ИТ дифференцирует прямоугольный импульс тока в своей вторичной обмотке, то для коррекции линейной части испытательного импульса параллельно ИТ подключается КЛ в виде отрезка кабеля РК50-2-11 длиной 1 м.

#### Работа установки TI-CS115 (NCS08)

Установка работает в двух режимах: режим калибровки и режим нагружения ЛС.

Перед испытаниями установка проверяется в режиме калибровки, когда определяются АВП испытательных токов.

Методика калибровки объясняется схемой на рис. 5, а общий вид установки в режиме калибровки приведен на рис. 6.

КУ представляет собой металлический цилиндр диаметром 100 мм и длиной 65 мм. На боковых стенках цилиндра установлены два разъема типа СР50–165ФВ, к одному из которых подключена нагрузка 50 Ом, а ко второму – аттенуатор 40 дБ, в свою очередь нагруженный на сопротивление 50 Ом. На выходе аттенуатора установлен разъем СР50-73Ф для подключения к нему измерительного кабеля. Между обоими разъемами протянут прямолинейный проводник (ПП), который помещается внутрь ИТ.

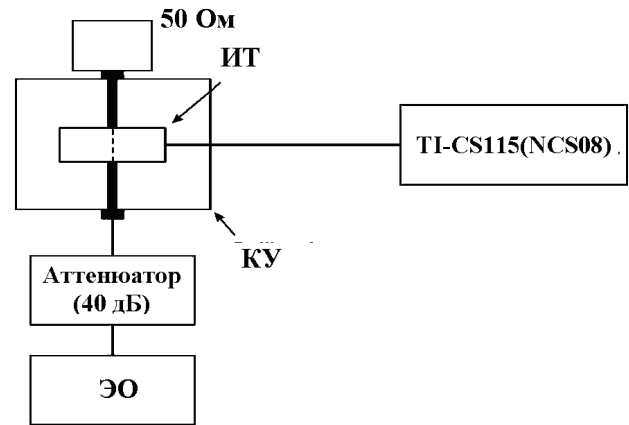


Рисунок 5 – Схема калибровки испытательной установки TI-CS115(NCS08)



Рисунок 6 – Общий вид испытательной установки TI-CS115(NCS08) в режиме калибровки

Общий вид калибровочного устройства приведен на рис. 7.

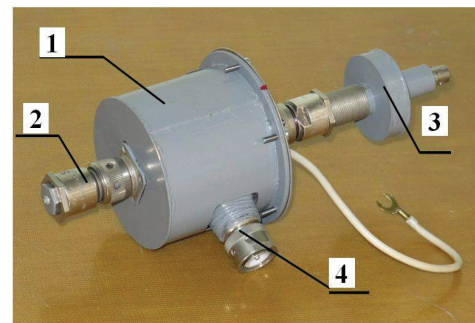


Рисунок 7 – Общий вид калибровочного устройства:

- 1 – корпус КУ;
- 2 – нагрузка 50 Ом;
- 3 – аттенуатор;
- 4 – разъем ИТ

Принципиальная электрическая схема калибровочного устройства приведена на рис. 8.

Работает КУ следующим образом:

– ПП пропускают через инжектор;

– на первичную обмотку инжектора подают ток от ГИТ;

– вторичной обмоткой ИТ является ПП, по которому протекает калибровочный ток.

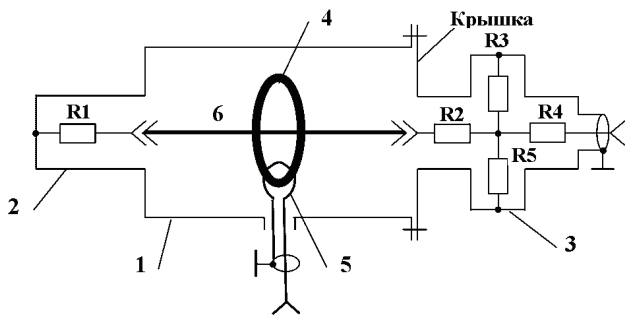


Рисунок 8 – Принципиальная электрическая схема калибровочного устройства:

- 1 – корпус;
- 2 – коаксиальная нагрузка 50 Ом; 1 Вт;
- 3 – аттенюатор 40 дБ;
- 4 – ферритовое кольцо ( $D = 58$ ;  $d = 34$ ;  $S = 2,4 \text{ см}^2$ )
- 5 – первичная обмотка ИТ;
- 6 – прямолинейный проводник (ПП)

Повышая зарядное напряжение ГИТ добиваются того, чтобы падение напряжения как на нагрузке 50 Ом (резистор R1), так и на аттенюаторе (резисторы R2 – R5) было по 250 В, что соответствует требуемому току 5 А;

– к выходу аттенюатора (40 дБ) подключается измерительный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом длиной 1 м, нагруженный на резистор 50 Ом и осциллограф со входным сопротивлением 1 МОм (или на вход осциллографа 50 Ом). При этом напряжение на входе осциллографа должно быть 250 В + 50 В.

Когда установка откалибрована в соответствии с [6], подсоединить КУ к выходу ГИТ. Установка готова к работе.

На рис. 9 приведены осциллограммы выходных импульсов тока положительной и отрицательной полярностей при калибровке.



Рисунок 9 – Типовые осциллограммы испытательного тока вида CS115 амплитудой 5 А: а – положительная полярность; б – отрицательная полярность

Типовая осциллограмма частоты следования импульсов тока 30 Гц приведена на рис. 10.

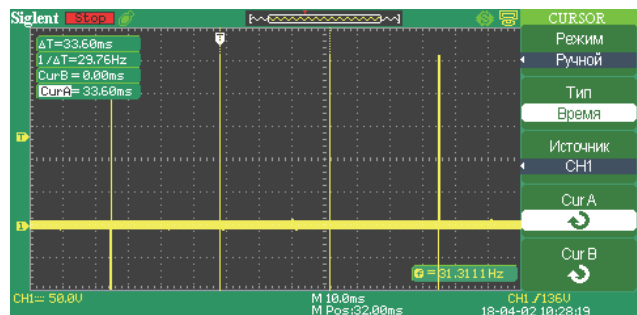


Рисунок 10 – Типовая осциллограмма частоты следования 30 Гц испытательного тока вида CS115

Типовая осциллограмма длительности циклограммы (1 мин) приведена на рис. 11.

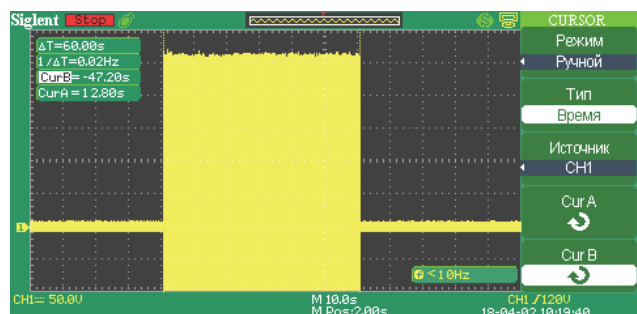


Рисунок 11 – Типовая осциллограмма длительности циклограммы (1 мин) испытательного тока вида CS115

Общий вид установки TI-CS115(NCS08), подготовленной к испытаниям, приведен на рис. 12, а схема нагружения ЛС СЧ ОБТ – на рис. 13.



Рисунок 12 – Общий вид испытательной установки TI-CS115(NCS08) в режиме испытаний

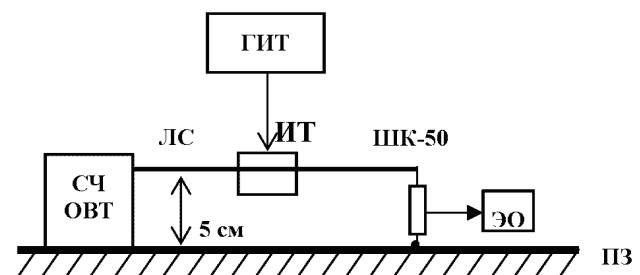


Рисунок 13 – Схема испытаний установкой TI-CS115(NCS08)



**Выводы:** Установка TI-CS115(NCS08) введена в эксплуатацию в ИЛ НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» и участвует в испытаниях СЧ ОБТ на восприимчивость к испытательным токам CS115(NCS08).

#### Список литературы

1. Немченко Ю.С. Прогнозирование возможности проведения в НИПКИ «Молния» испытания объектов военной техники на электромагнитную совместимость по стандартам НАТО / Ю.С. Немченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 15 (1237). – С. 84-91. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0740.
2. MIL-STD-461E Department of defence interface standard. Requirements for the control of electromagnetic interference. Characteristics of subsystems and equipment.
3. Протокол № 29 испытаний прибора ориентирования UGT-H-M на электромагнитную совместимость (по стандарту MIL-STD-461F – виды CE102, CS101, CS115, CS116) от 14.06.2017 г.
4. Протокол № 28 испытаний приемо-передающего модуля ППМ РЛС на соответствие требованиям электромагнитной совместимости (по стандарту MIL-STD-461F – виды CE102, CS101, CS114, CS115, CS116, по стандарту IEC 61000-4-5:2005) и на стойкость к импульсным электрическим полям от 18.07.2016 г.
5. AECTP 500 Electromagnetic environmental effects tests and verification. Edition E Version 1 December 2016.
6. Установка для проведения испытаний бортового оборудования составных частей объектов военной техники на электромагнитную совместимость по стандарту MIL-STD-461G(США) по виду испытаний CS115 и стандарту АЕСТР-500 (НАТО) по виду испытаний NCS08 TI-CS115

(NCS08). Руководство по эксплуатации. TI-CS115 (NCS08).000.000.000 РЭ.

#### Bibliography (transliterated)

1. Nemchenko Yu. S. Prognozirovanie vozmozhnosti provedeniya v NIPKI «Molniya» ispytaniya ob'ektov voennoy tekhniki na elektromagnitnuyu sovmestimost po standartam NATO. Visnik NTU «KhPI». Seriya: Tehnika ta elektrofizika visokih naprug. Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. Vol. 15 (1237). P. 84-91. ISSN 2079-0740.
2. MIL-STD-461E Department of defence interface standard. Requirements for the control of electromagnetic interference. Characteristics of subsystems and equipment.
3. Protokol No 29 ispytaniy pribora orientirovaniya UGT-H-M na elektromagnitnuyu sovmestimost (po standartu MIL-STD-461F – vidyi CE102, CS101, CS115, CS116) ot 14.06.2017.
4. Protokol No 28 ispytaniy priemo-peredayuschego modulya PPM RLS na sootvetstvie trebovaniyam elektromagnitnoy sovmestimosti (po standartu MIL-STD-461F – vidyi CE102, CS101, CS114, CS115, CS116, po standartu IES 61000-4-5:2005) i na stoykost k impulsnyim elektricheskim polyam ot 18.07.2016.
5. AECTP 500 Electromagnetic environmental effects tests and verification. Edition E Version 1 December 2016.
6. Ustanovka dlya provedeniya ispytaniy bortovogo oborudovaniya sostavnykh chastei ob'ektov voennoy tekhniki na elektromagnitnuyu sovmestimost po standartu MIL-STD-461G(SShA) po vidu ispytaniy CS115 i standartu AESTR-500 (NATO) po vidu ispytaniy NCS08 TI-CS115 (NCS08). Rukovodstvo po ekspluatatsii. TI-CS115 (NCS08).000.000.000 RE.

Поступила (received) 20.10.2018.

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Немченко Юрій Семенович (Немченко Юрий Семенович, Nemchenko Jurij Semenovich)** – головний метролог, Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Молнія» НТУ «ХПІ»; тел.: (057) 707-68-68; e-mail: nipkimolnija@kpi.kharkov.ua.

**Князєв Володимир Володимирович (Князев Владимир Владимирович, Kniaziev Volodymyr Volodymyrovych)** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Молнія» НТУ «ХПІ»; тел./факс: (057) 707-68-68; e-mail: knyaz2@i.ua

**Лесной Иван Петрович (Лесной Иван Петрович, Lesnoy Ivan Petrovich)** – завідувач лабораторією, Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Молнія» НТУ «ХПІ»; тел.: (057) 707-68-68.

**Сомхієв Сергій Борисович (Сомхиев Сергей Борисович, Somhiev Sergej Borisovich)** – провідний інженер, Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Молнія» НТУ «ХПІ», тел.: (057) 707-68-68.